

## ESTUDIO SOBRE EL USO DE SIGNOS PSICOLÓGICOS EN PROFESORES DE CIENCIAS NATURALES DURANTE LOS PROCESOS DE SIGNIFICACIÓN DE CONCEPTOS FÍSICOS

**Jesús Salinas Herrera, Ulises Alfonso Salinas Hernández**

Colegio de Ciencias y Humanidades-UNAM, Centro de investigación y de estudios avanzados-IPN (México)

jes54@unam.mx, asalinas@cinvestav.mx

**Palabras clave:** mediación, gestos, enfoque semiótico, perspectiva sociocultural.

**Key words:** mediation, gestures, semiotic approach, sociocultural perspective.

**RESUMEN:** En este trabajo se reporta la manera en que profesores de ciencias naturales emplean gestos (signos psicológicos) como mediadores del pensamiento durante el proceso de significación del concepto de sistema de referencia en la resolución de problemas de movimiento de la asignatura de física. Se trata de un estudio de tipo cualitativo que se apoya en la perspectiva histórico-sociocultural de la matemática, así como en el carácter cultural de los signos utilizados como mediadores y su papel como transmisores de significados. La recopilación de datos se llevó a cabo mediante la videograbación de un taller para profesores de ciencias naturales de nivel medio superior.

**ABSTRACT:** In this work we report the way science teachers use gestures (psychological signs) as mediators of thought during the significance of the concept of reference system when they deal with movement problems of physics subject. It is a qualitative study which is based on the historical-cultural perspective of mathematics as well as the cultural character of the signs used as mediators and their role as carriers of meaning. Data collection was performed by videotaping a workshop for science teachers of high school.

## ■ INTRODUCCIÓN

Este trabajo está enmarcado en un proyecto más amplio cuyo objetivo es indagar el uso de: 1) la historia de la ciencia y 2) la tecnología como recursos didácticos. Ambos recursos didácticos toman como base una teoría del aprendizaje con un enfoque socio histórico y cultural, la cual destaca el carácter mediatizado del conocimiento en el sentido de Vygotsky (1995). De esta manera, consideramos por un lado la característica histórica y cultural del conocimiento matemático (Bishop, 1999; Radford 2006, Radford 2014), como parte de la cultura que produce una sociedad en un momento histórico determinado; y por el otro, la manera en que ese conocimiento es retomado en procesos sociales de producción de significados (Radford 2006, Radford 2014).

Este segundo aspecto es el que abordamos en el presente estudio. Fundamentalmente ponemos atención en el carácter mediador de las herramientas y los signos psicológicos para la construcción y desarrollo de significados de conceptos físicos relacionados con el movimiento en profesoras y profesores del nivel medio superior.

## ■ PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El propósito de este artículo es observar el razonamiento que realizan profesoras y profesores de ciencias naturales al trabajar con conceptos físicos, a través del uso de gestos. Nuestra atención la enfocamos en analizar dos situaciones: 1) la manera en la que el uso del lenguaje gestual funciona como mediador del pensamiento y 2) cómo los gestos conllevan una carga semántica al transmitir significados. Todo en actividades llevadas a cabo en trabajo en equipo con un enfoque colaborativo.

## ■ MARCO TEÓRICO

De acuerdo a la aproximación semiótica de Vygotsky (1995), es durante el desarrollo histórico del hombre, esto es, durante su desarrollo social y cultural que funciones psicológicas tales como el pensamiento verbal, la memoria lógica, la formación de conceptos, la atención voluntaria, etc. experimentan cambios profundos. Tales funciones aparecen primero en forma primitiva, y es a través de los mediadores, es decir, del uso de herramientas y de signos psicológicos (como el lenguaje) que cambian a formas superiores. Así, los mediadores son utilizados para controlar la actividad propia y la de los demás (Kozulin, 2000). Por medio de la herramienta, el hombre influye sobre el objeto de su actividad; mientras que el signo no modifica nada en el objeto, es el medio de que se vale el hombre para influir psicológicamente, ya sea en su propia conducta o en la de los demás.

Tomando la perspectiva sociocultural de Vygotsky, podemos ver los gestos como un instrumento o signo psicológico; una herramienta (psicológica) que actúa como mediador de las funciones psicológicas superiores como el pensamiento (Kozulin, 2000). De esta manera, el gesto funciona para controlar la actividad propia e influir psicológicamente en los otros. Además, el uso de gestos no se restringe a su función de instrumento psicológico; sino que son importantes también en su función comunicativa. Así, Arzarello, Paola, Robutti y Sabena (2009) señalan que los gestos permiten alternativas de representar y organizar información cuando no se es capaz de expresar el pensamiento en forma verbal o formal. Arzarello et al. (2009) consideran a los gestos como parte de los recursos activados en el salón de clases, en donde también se encuentra el lenguaje oral,

inscripciones y otros objetos. Por lo que ven a los gestos como parte de las herramientas semióticas utilizadas por profesores y estudiantes en la práctica escolar.

Por su parte, Radford (2006) menciona que los signos no son simplemente ayudas al conocimiento, sino partes constitutivas e inherentes de éste. Por lo que se piensa con y a través de los signos, constituidos culturalmente. Es importante señalar que durante los procesos de enseñanza y aprendizaje los profesores y alumnos se posicionan dentro de una comunidad de aprendizaje y de conocimiento en relación con sus compañeros (Radford, 2014). Se presenta a continuación la metodología seguida en el estudio.

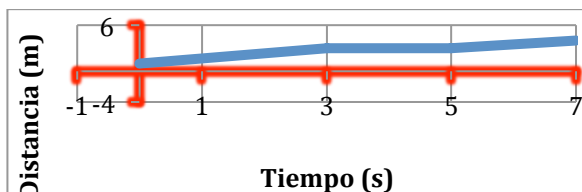
## ■ METODOLOGÍA

El lugar donde se llevó a cabo la investigación fue en un salón de clases durante la impartición de un taller para profesores de ciencias naturales (física, matemáticas, química y biología) de nivel medio superior. Participaron 12 profesores (8 mujeres y 4 hombres) quienes trabajaron en equipos constituidos por ellos mismos, de tal manera que se formaron 3 equipos (de 5, 4 y 3 integrantes respectivamente). En lo sucesivo los denominaremos Equipo 1, Equipo 2 y Equipo 3, respectivamente.

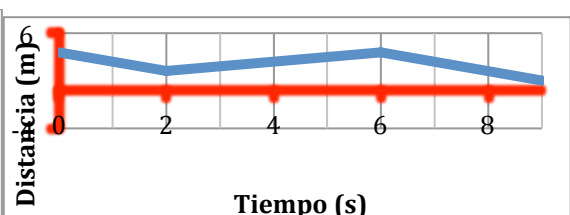
El procedimiento consistió primero en una presentación de 30 minutos sobre el carácter histórico de la matemática; para posteriormente implementar, en la hora y media restante, una serie de tres problemas elegidos por los investigadores, cuyo objetivo fue que los profesores se dieran cuenta de la relevancia del concepto de sistema de referencia como necesario para resolver los problemas, además de indagar la comprensión del mismo. Los problemas se entregaron enunciados en hojas de papel a cada profesor (un problema por hoja). Los profesores debían (en equipos) interpretar cada problema y resolverlo. Posteriormente, cuando se resolvió cada problema, se hicieron discusiones conjuntamente entre todo el grupo.

Para la recolección de datos se videograbó en todo momento la sesión de tres horas; poniendo especial atención en los gestos que empleaban los profesores para transmitir sus pensamientos y significados. Para fines del presente artículo, se seleccionó para su análisis la discusión grupal del tercer problema (tomado de Radford, 2009) al cual se realizó una traducción libre llevada a cabo por los investigadores. El problema se presentó a los profesores de la siguiente manera:

Problema 3 (tomado de Radford, 2009) Tina se encuentra a 1 m de distancia de una fuente cuando comienza a caminar. Camina en línea recta sobre el mismo camino. La gráfica 1 describe su caminata. Jean se encuentra en el mismo camino a 4 m de la fuente y comienza a caminar al mismo tiempo que Tina. La gráfica 2 describe su caminata.



Gráfica 1-Caminata de Tina



Gráfica 2-Caminata de Jean

Interpreten ambas gráficas en términos del movimiento de Tina y Jean.

La razón de la elección de este problema fue presentar un problema que en su momento se dio a resolver a estudiantes (Radford, 2009) y observar el análisis que del problema hacían ahora profesores. Se seleccionaron, de esta manera, algunos episodios de lo ocurrido durante la discusión grupal del problema 3 en la sesión para su transcripción y posterior análisis. El análisis cualitativo de los datos recabados se reporta a continuación.

### ■ ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Después de la resolución de los primeros dos problemas, se prosiguió a que los equipos trabajaran en el problema 3. Como ocurrió en los problemas previos, la resolución del problema 3 se dio en una atmósfera de trabajo colaborativo en equipo, en donde los profesores discutieron e interactuaron entre sí, y en donde los profesores con mayor conocimiento guiaron la discusión dentro de cada equipo, e involucrando a los demás (véase Foto 1a y Foto 1b).



**Foto 1a.** Momento de la resolución del Problema 3 por: el Equipo 2



**Foto 1b.** Momento de la resolución del Problema 3 por: el Equipo 1

Como parte del taller y buscando, además de la interacción entre todos los profesores, la interacción entre los equipos se pasó a una discusión grupal del Problema 3. Así, un profesor (en lo sucesivo P1) del Equipo 1 comienza con el análisis de la primera gráfica (véase Gráfica 1- caminata de Tina del Problema 3). A continuación la intervención de P1.

**P1:** Tina estaba a un metro de distancia de la fuente y luego comienza a alejarse, se aleja hasta tres metros de la fuente y luego comienza a caminar en círculo alrededor de la fuente por eso la distancia permanece constante [*refiriéndose al intervalo de tiempo (3,5) de la Gráfica 1*] y luego vuelve a alejarse.

El profesor P1 ubica a la fuente como origen del sistema de referencia. No necesita hacer explícita la orientación elegida (el mismo problema no hace referencia hacia qué dirección de la fuente camina Tina, si izquierda o derecha); sin embargo hace una *generalización* del concepto de sistema de referencia al decir: “y luego comienza a alejarse”. De hecho, el concepto de movimiento con dirección (alejarse) respecto del origen del sistema de referencia lo emplea en tres ocasiones. Llama la atención que P1 considera que tina permanece en movimiento en todo momento, lo que da pie a que se desarrolle una discusión con profesores de los demás equipos; en particular con P2 (profesor del Equipo 3), P3 (profesora del Equipo 1) y P4 (profesora del Equipo 3):

**P2:** No, realmente no se mueve. Pasa el tiempo [*refiriéndose a los dos segundos que van del segundo 3 al segundo 5 de la Gráfica 1*] y permanece en la misma distancia [*refiriéndose a que Tina se queda a tres metros de la fuente*].

**P3:** ¿No se mueve? [*refiriéndose a Tina*].

**P2:** Sí, se queda parada.

**P4:** Es que si como dicen se moviera alrededor de la fuente quiere decir que regresó, ¿no?.

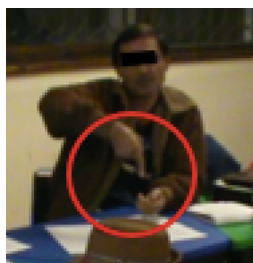
[...]

**P1:** Es que no dice [*refiriéndose al Problema 3*] que se detiene.

Lo que transcurre en el intervalo de tiempo (1,3) de la Gráfica 1 del Problema 3 genera por un lado diferentes lecturas del problema y por el otro lado diferentes relaciones de los conceptos en la gráfica. Así, para el Equipo 1 en el enunciado del Problema 3 es claro que Tina no se detiene en ningún momento y determina la manera en que analizan la Gráfica 1. No se dan cuenta que el enunciado dice “camina en línea recta” por lo que no puede caminar en círculo. Los otros profesores, en particular P2, ponen su atención en la Gráfica 1 y en las relaciones entre las variables tiempo y distancia (respecto de la fuente) y no vuelven a hacer referencia al enunciado del problema. P1 vuelve a intervenir con una inmediata respuesta de P5 (profesor del Equipo 2):

**P1:** Puede seguir caminando [*refiriéndose a Tina*] y no alejarse de la fuente.

**P5:** Lo que pasa es que si camina [*refiriéndose a Tina*] alrededor aunque sea muy pequeña de todas maneras se está desplazando hacia delante y hacia atrás. [...]. Una posibilidad sería que estuviera ella [*Tina*] girando sobre sí misma [*al mismo tiempo que hace un gesto; véase Foto 2a*]. [...] hay otra posibilidad, que se mueva verticalmente [*hace un nuevo gesto; véase Foto 2b*].



**Foto 2a.** Momento en que P5 usa gestos para representar el movimiento de Tina en dos momentos: cuando gira sobre ella misma



**Foto 2b.** Momento en que P5 usa gestos para representar el movimiento de Tina en dos momentos: cuando salta

A partir de la intervención de P5, se observa el uso de gestos, que los utiliza para transmitir su pensamiento y momentos después para desarrollar otra idea, cuando dice: “hay otra posibilidad...”. Se observa además, que los gestos llevan una carga semiótica al ser portadores de significados. Los dos gestos representan movimientos diferentes de un mismo objeto (Tina en este caso). En un primer momento (véase Foto 2a), el gesto hace referencia a un movimiento rotacional (mano derecha) del fenómeno sobre un lugar en el espacio (mano izquierda). Después (véase Foto 2b), P5 hace referencia a un movimiento traslacional (mano derecha) sobre el mismo lugar en el espacio que el movimiento anterior; aunque se trata de un movimiento traslacional en donde el objeto cambia de posición, P5 hace énfasis en que el movimiento es “vertical” lo que no altera la manera en que se analiza la gráfica desde un punto de referencia. En cambio el movimiento



traslacional al que hace referencia P1 cuando dice: “Puede seguir caminando y no alejarse de la fuente” es uno horizontal, que como le hace ver P5 cambiaría el tipo de gráfica obtenida.

Después de unos segundos, se les pregunta a los tres equipos qué concluyeron sobre la Gráfica 2 del Problema 3. En particular sobre lo que representa el último punto (pareja ordenada  $(9,1)$ ) de la Gráfica 2. Se obtuvo el siguiente diálogo:

**P3:** Que regresó al lugar donde estaba Tina, pero en nueve segundos.

**P2:** Ya no la encontró y...[*es interrumpido por P4*].

**P4:** Fue a buscar a Tina pero ya no la encontró porque Tina ya estaba allá [*Hace un gesto; véase Foto 3*].



**Foto 3.** Momento en que P4 utiliza un gesto para representar la posición de Tina después de 9 segundos.

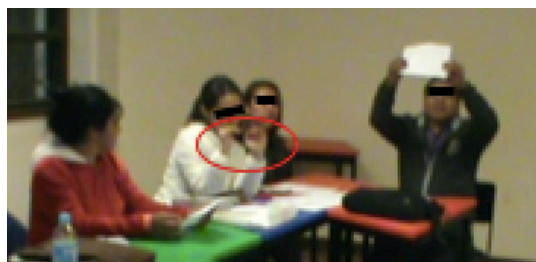
Aquí se observa cómo los profesores vinculan las caminatas de los dos personajes del problema, es decir, relacionan las dos gráficas. En particular P3 dice: “Que regresó al lugar donde estaba Tina...”. No hace referencia a que con la información de la gráfica, Jean (personaje del Problema 3) en nueve segundos se encuentra a una distancia de un metro de la fuente, sino hace referencia al movimiento y en particular a la posición del otro personaje (Tina) en esos nueve segundos. Entonces con un gesto (véase Foto 3), P4 argumenta en dónde se encuentra Tina en esos nueve segundos, sin percatarse que el tiempo de análisis de la caminata de Tina es de solamente de siete segundos; por lo que no se tiene información del lugar de Tina en nueve segundos.

Con el objetivo que los profesores determinen si hay algún momento de encuentro y retomando la idea planteada por ellos sobre el no encuentro de los personajes del Problema 3, los investigadores les recuerdan que Tina y Jean están en el mismo camino. Y surge el siguiente diálogo:

**P4:** ¿Y se encuentran? [*refiriéndose a Tina y Jean*], ¿hay un momento en que se encuentran?

**Investigador 1:** Eso sería interesante, ¿hay un momento en que se encuentran?

**P4:** ¡Compañero! [*dirigiéndose a P2*], ¿hay un momento que se encuentran? [*P2 dice: “Sí” y hace un gesto utilizando las gráficas; Foto 4 (derecha). Al mismo tiempo P4 continúa*] o ¿se acercan?, o sea de que no se encuentren pero... [*Hace un gesto con las manos; Foto 4 (izquierda)*] [...] Puede ser que sí se acerquen.



**Foto 4.** Momento en que P4 y P2 utilizan gestos como mediadores durante la discusión del Problema 3.

Los profesores P4 y P2 utilizan gestos con intenciones diferentes. La profesora P4 hace un gesto tratando de representar el movimiento de Tina y Jean; en donde moviéndose en dirección contraria uno del otro se aproximarían pero sin encontrarse. Mientras que P2 toma las gráficas de los movimientos de los personajes y las junta para determinar los puntos de intersección, lo que determina el punto de encuentro entre los personajes. El diálogo continúa:

**Investigador 1:** ¿Cuándo es cuando se encuentran?

**P2:** Hay tres momentos [*muestra las hojas a P4; véase Foto 5a*].

[...]

**P4:** Puede ser que sí [*refiriéndose a que Tina y Jean se encuentran*].

**Investigador 1:** ¿Cómo sabríamos eso?

**P4:** Sobreponemos las ... [*hace un gesto con las manos; véase Foto 5b (izquierda)*]. Al mismo tiempo P2 hace un gesto con las hojas; véase Foto 5b (derecha)].



**Foto 5.** Momento en que P2 comparte con P4 cómo poder ubicar el punto de encuentro entre Tina y Jean



**Foto 5.** Momento en que P4 como P2 transmiten al resto del grupo cómo poder determinar el punto de encuentro entre los personajes.

Para tratar de encontrar el punto (o puntos) de encuentro entre Tina y Jean, primero P2 le muestra a P4 cómo poder determinarlos. Al colocar juntas las gráficas, P4 se da cuenta de que los puntos de intersección entre ellas representan los lugares en donde los personajes se encuentran. Esta manera de dar solución a la pregunta planteada la transmiten al resto de los profesores.

## ■ CONCLUSIONES

Se observó que a partir de una reflexión y discusión grupal los profesores utilizaron gestos como principal herramienta para transmitir sus pensamientos y conocimiento. Los gestos fueron utilizados por los profesores para intercambiar ideas [pensamiento] funcionando como medio de comunicación y también los propios gestos llevaron un contenido semiótico. De tal manera que transmitieron significados. Se observó que la evolución de los gestos va a la par de la evolución del pensamiento.

Los gestos utilizados por los profesores funcionaron como herramienta y también como transmisores de significados físicos (posición, distancia y movimiento). Observando que los profesores con mayor conocimiento utilizaban gestos más elaborados.

## ■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arzarelo, F., Paola, D., Robutti, O. & Sabena, C. (2009). Gestures as semiotic resources in the mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 70(2), 97-109.
- Bishop, A. J. (1999). *Enculturación matemática. La educación matemática desde una perspectiva cultural*. Barcelona: Paidós.
- Kozulin, A., (2000). *Instrumentos Psicológicos*. Barcelona: Paidós.
- Radford, L. (2006). Elementos de una teoría cultural de la objetivación. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 9(4), 103-129.
- Radford, L. (2009). "No! He starts walking backwards!": Interpreting motion graphs and the question of space, place and distance. *ZDM Mathematics Education*, 467-480.
- Radford, L. (2014). De la teoría de la objetivación. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 7(2), 132-150.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. España: Paidós.
- Vygotsky, L. S. (2009). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Crítica.